

МЕТОДИКА РАСЧЕТА НАГРУЗКИ НА ВНОВЬ ВОЗВОДИМУЮ КРЕПЬ ПРИ РЕКОНСТРУКЦИИ ГОРНЫХ ВЫРАБОТОК

Габараяев О.З., Абдулхалимов А.Г., Келехсаев В.Б., Дзапаров В.Х.
Северо-Кавказский горно-металлургический институт (государственный технологический университет), г. Владикавказ

Ключевые слова: проведение горной выработки, тоннель, реконструкция, методика расчета, нагрузка на крепь.

Аннотация. Разработана методика расчета нагрузки на вновь возводимую крепь, учитывающая влияние пролета незакрепленной части выработки между старой крепью и вновь возводимой, при реконструкции горных выработок. Полученные результаты развивают и дополняют теоретические положения известных методов обоснования параметров бетонной крепи при реконструкции горизонтальных горных выработок большого сечения, с учетом влияния технологии работ.

PROCEDURE FOR CALCULATION OF LOAD ON NEWLY ERECTED SUPPORT DURING RECONSTRUCTION OF MINE WORKINGS

Gabarayev O.Z., Abdulkhalimov A.G., Kelekhsayev V.B., Dzaparov V.H.
North Caucasian Institute of Mining and Metallurgy (State Technological University, Vladikavkaz)

Keywords: mining, tunnel, reconstruction, calculation procedure, load on the support.

Abstract. The methodology of load calculation on the newly erected support has been developed, taking into account the influence of the span of the unfixed part of the mine workings between the old support and the newly erected one, during the reconstruction of the mine workings. The results obtained develop and supplement the theoretical positions of the known methods of justification of concrete support parameters during the reconstruction of horizontal mine workings of large cross-section, taking into account the influence of work technology.

Рокский тоннель в России построен на одноименном перевале Главного Кавказского хребта [4]. Протяжённость тоннеля - 3730 м, ширина проезжей части - 7,5 м, высота - 4,75 м. Протяжённость сервисной штольни 3801м, ширина вчерне - 4,3 м, высота - 5,35 м.

За годы эксплуатации инженерная инфраструктура тоннеля существенно устарела. Реконструкция тоннеля началась в 2011 году и проходила буровзрывным способом заходками по 1-1,5 м с увеличением сечения от 65 до 75 м² и обделкой тоннеля. Геомеханическая сбалансированность системы «постоянная крепь - временная крепь - породный массив» обеспечивалось установленными параметрами технологии ведения работ при реконструкции штольни: 0-12 м разборка и расширение выработки до проектных контуров;

12-24 м устройство временной (анкерной и набрызг-бетонной) крепи и гидроизоляция заобделочного пространства; 24-36 м возведение постоянной крепи.

Проведение горной выработки изменяет состояние массива. В кровле и в почве выработки возникают области пониженных напряжений, а в бортах – зоны повышенных их концентраций. Основным показателем, характеризующим величину опорного давления, является коэффициент концентрации напряжений [1,3]:

$$K_k = \frac{\sigma_1}{\gamma H}, \quad (1)$$

где σ_1 – главные максимальные напряжения.

Нижний предел наибольшего сжимающего напряжений в массиве при разрушении пород на контуре выработок выражается зависимостью:

$$\sigma \geq 0,7\sigma_{СЖ}^M, \quad (2)$$

где $\sigma_{СЖ}^M$ – предел прочности массива при одноосном сжатии.

Значения коэффициента концентрации напряжений в породном массиве до начала реконструкции тоннеля в зависимости от высота вышележащей толщи горных пород представлены в таблице 1. Величина пригрузки вышележащей толщи горных пород, которая составляет 350-985 м.

Табл. 1. Значения коэффициента концентрации напряжений

Наименование показателей	Высота вышележащей толщи горных пород, м						
	400	500	600	700	800	900	1000
Коэффициент концентрации напряжений	0,68	0,76	0,85	0,97	1,13	1,36	1,7

Значения коэффициента концентрации напряжений в породном массиве до начала реконструкции тоннеля зависят от глубины ведения горных работ и изменяются в широких пределах: от 0,68 до 1,7.

Для оценки параметров поля напряжений в период реконструкции тоннеля использован метод каротажа скважины прибором индикатор деформации стенок скважины ИДС-1. Принцип действия прибора основан на преобразовании деформаций стенок скважины в электрический параметр - сопротивление.

Исследования показали, что разработка и расширение выработки сопровождается нарушением установившегося в процессе эксплуатации горной выработки напряженно-деформированного состояния. В результате происходит перераспределение напряжений и деформаций вокруг обнажений. Образуется новое поле напряжений, которое отличается от исходного тем, что концентрация напряжений происходит вблизи контура выработки. Максимальные напряжения наблюдаются на контуре крепи ранее закрепленной выработки, которые убывают по мере удаления от призабойной зоны.

Оценку параметров поля напряжений проводили на удалении 300 м от Северного портала ПК 304+00 при высоте налегающей толщи горных пород 700 м. Результаты исследований представлены в таблице 2.

Табл. 2. Давление на крепь, в зоне разборки, МПа

Наименование показателей	Удаление вновь возводимой постоянной крепи до забоя, м			
	0	12	24	36
Давление на крепь, в зоне разборки, МПа	18,6	19,7	21,0	22,2

Повторное нарушение равновесного состояния при реконструкции горной выработки приводит к возрастанию нагрузки на крепь в зоне разборки в 1,05-1,2 раза по сравнению с фактической величиной, отмеченной до начала работ по реконструкции.

Нагрузка на вновь возводимую обделку при реконструкции горных выработок:

$$q = q_1 + q_d k_{II}, \quad (3)$$

где q_1 – нагрузка на первой стадии формирования горного давления, установившаяся при первоначальной эксплуатации тоннеля до его реконструкции, тс/пог. м; q_d – дополнительная нагрузка, вызванная увеличением радиуса зоны неупругих деформаций при реконструкции в случае максимально возможных смещений контура выработки, тс/пог. м; k_{II} – коэффициент, учитывающий величину смещений контура выработки.

Нагрузка рассматривается как давление в стадии неупругих деформаций [5]:

$$q = \frac{1}{4} \gamma \left(\frac{1}{4} r - \frac{\pi}{2} \right), \quad (4)$$

где γ – объемный вес (плотность), тс/м³; L – пролет выработки, м; $r = R/R_0$ – относительный радиус зоны неупругих деформаций; R – радиус зоны неупругих деформаций, м; R_0 – радиус или полупролет выработки, м.

При реконструкции горной выработки реакция крепи практически отсутствует, величину относительного радиуса зоны неупругих деформаций можно выразить следующей зависимостью [2]:

$$r = \left[1 + \frac{\gamma H (1 - \sin \varphi) - c \cdot \cos \varphi}{c \cdot \operatorname{ctg} \varphi} \right]^{\frac{1 - \sin \varphi}{2 - \sin \varphi}}, \quad (5)$$

где H – глубина заложения выработки, м; φ – угол внутреннего трения пород, град; c – сцепление по плоскостям ослабления, тс/м².

При реконструкции горных выработок формула для определения нагрузки на крепь от горного давления имеет вид

$$q = q_1 = \frac{1}{3} \mathcal{M}_1 r k_{II} \left(\frac{L_2}{L_1} 0,755n^{0,178} - 1 \right), \quad (6)$$

где n – модуль относительной трещиноватости; L_1 – пролет выработки до реконструкции тоннеля, м; L_2 – пролет выработки при реконструкции тоннеля, м.

При реконструкции - демонтажу старой крепи и расширению выработки в расчетах нагрузки на крепь, наряду с общепринятыми факторами, оказывает влияние пролет незакрепленной части выработки между старой крепью и вновь возводимой. Коэффициент k_o учитывает пролет незакрепленной части выработки между старой крепью и вновь возводимой при реконструкции горных выработок, колеблется в пределах 1-1,15 и изменяется пропорционально пролету незакрепленной части выработки. С учетом коэффициентом k_o формула для расчета нагрузки на вновь возводимую крепь при реконструкции горных выработок приобретет следующий вид:

$$q = q_1 = \frac{1}{3} \mathcal{M}_1 r k_{II} k_o \left(\frac{L_2}{L_1} 0,755n^{0,178} - 1 \right). \quad (7)$$

Формула (7) для расчета нагрузки на вновь возводимую крепь отличается от известных учетом влияния пролета незакрепленной части выработки между старой крепью и вновь возводимой при реконструкции горных выработок.

Список литературы

1. Баклашов И.В., Картозия Б.А. Механика подземных сооружений и конструкций крепей. Учебник для вузов. – М.: Недра, 1992. – 543 с.
2. СНиП32-04-97 «Тоннели железнодорожные и автодорожные. Актуализированная редакция». Министерство регионального развития Российской Федерации. – 2012. – 132 с.
3. Golik V.I., Gabaraev O.Z., Maslennikov S.A., Khasheva Z.M., Shulgaty L.P. The provision of development conversion perspectives into underground one for russian iron ore deposits development // The Social Sciences (Pakistan). 2016. Т. 11. № 18. С. 4348-4351.
4. Голик В.И., Габараев О.З., Джанаев Э.М. Геомеханическая основа управления безопасностью Рокского тоннеля // Устойчивое развитие горных территорий. – 2013. – Т.5. – № 3. – С. 10-15.
5. Шаламанов В.А., Першин В.В., Будников П.М., Сабанцев А.Б. Выбор и расчет крепей и обделок подземных сооружений: Учеб. пособие / Кузбас. гос. техн. ун-т. – Кемерово, 2010. – 142 с.

References

1. Baklashov I.V., Cardboard B.A. Mechanics of underground structures and structures of supports. Textbook for universities. – М.: Nedra, 1992. – 543 p.
2. SNiP32-04-97 «Tunnels railway and road. Revised edition». Ministry of Regional Development of the Russian Federation. – 2012. – 132 p.

3. Golik V.I., Gabaraev O.Z., Maslennikov S.A., Khasheva Z.M., Shulgaty L.P. The provision of development conversion perspectives into underground one for russian iron ore deposits development // The Social Sciences (Pakistan). 2016. Vol. 11. No. 18. P. 4348-4351.
4. Golik V.I., Gabarayev O.Z., Janayev E.M. Geomechanical basis of Roki tunnel safety management//Sustainable development of mountain areas. – 2013. – Т. 5, № 3. – P. 10-15.
5. Shalamanov V.A., Pershin V.V., P.M. Budnikov, Sabantsev A.B. Selection and calculation of supports and foundations of underground structures: Training manual / Kuzbas. state. tech. un-ty. – Kemerovo, 2010. – 142 p.

Сведения об авторах:

Information about authors:

Габараев Георгий Олегович – студент	Gabaraev Georgy Olegovich – student
Абдулхалимов Абдулгамид Гусейнович – аспирант кафедры горного дела	Abdulchaliimov Abdulgamid Guseinovich – post-graduate student of the Mining Department
Келехсаев Валерий Борисович – кандидат технических наук	Kelehsayev Valeriy Borisovich – candidate of technical sciences
Дзапаров Вячеслав Хаматканович – доцент	Dzaparov Vyacheslav Hamatkanovič – associate professor
Северо-Кавказский горно-металлургический институт (государственный технологический университет), г. Владикавказ, Россия	North Caucasian Institute of Mining and Metallurgy (State Technological University, Vladikavkaz, Russia)

Получена 29.05.2020